© С.В. Воробьёва, 2014

УДК 622.2

С.В. Воробьёва

ТИПОВАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ УРАЛА И РУДНОГО АЛТАЯ)

В современной структуре земной коры основой крупных колчеданных месторождений-гигантов служат динамодислоцированные колчеданные залежи, подчиненные линеаментным зонам. Масштабы и вертикальный размах промышленно-ценного сульфидного оруденения находятся в прямой зависимости от длительности тектонических движений.

Ключевые слова: промышленные колчеданные месторождения, вулканизм, геологическая обстановка, Урал, Рудный Алтай.

Длительные геологоразведочные и горно-эксплуатационные работы в колчеданоносных районах Урала и Рудного Алтая позволяют реконструировать типовую геологическую обстановку локализации промышленно-ценных колчеданных месторождений, которые являются приоритетными минерально-сырьевыми источниками для современных промышленных предприятий горно-металлургичского комплекса.

Основой крупных колчеданных месторождений-гигантов служат динамодислоцированные колчеданные залежи, подчиненные линеаментным зонам.

Наличие обломков дезинтегрированных массивных серноколчеданных руд в кислых лавах и лавобрекчиях, а также в виде выброшенных мощными газовыми взрывами «рудокластов», вновь обрастающих оболочкой тонкозернистого осадочного пирита, указывает на процесс дезинтеграции и регенерации колчеданных руд, накопленных еще до развития ареалов кислого вулканизма.

В Саудовской Аравии и в Эфиопии колчеданная руда связана с рифейскими зеленокаменными породами. Метаморфизованные пирротинсодержащие колчеданные руды известны в полиметаморфизованных и динамодислоцированных протерозойских породах зоны горного хребта Урал-Тау. Следовательно, можно твердо считать, что начало процесса колчеданообразования связано с образованием рифейско-раннепалеозойских седиментационных бассейнов, названных палеоокеанами. Эти бассейны служили ареной активных вулкано-тектонических процессов и многократных глыбовых перестроек. Оживление в эйфельском веке докембрийских вулкано-плутонических центров фиксируется появлением ареалов кислого вулканизма, сменившегося в заключительный этап посторогенного (финального) вулканизма образованием газовзрывных кальдеро-вулканов.

Крупные кальдерные впадины, все более расширявшиеся от мощных газовых взрывов, были благоприятны для накопления дезинтегрированных субпластовых обломочных колчеданных руд, послуживших барьерами для осаждения поднимавшихся из глубин рудоносных паров и газов.

Чашеобразные придонные депрессии над расширенными жерло-

выми каналами служили местом накопления выброшенных взрывами обломков, эти обломки перемежались с горизонтами слабо литифицированных вулканогенно-осадочных пород, накапливавшихся в результате перемыва насыпных конусов обрушившихся вулканов центрального типа. За счет горизонтов обломочных дезинтегрированных колчеданных руд в подводной субмариной обстановке формировались новые субпластовые и линзовидные колчеданные залежи, например, в верхних горизонтах Сибайского месторождения.

Геолого-структурную обстановку в районе Блявы определяют купольные поднятия Блявинско-Комсомольской интрузии, проникшей в расслоившуюся сланцевую толщу сжатого рифтогенного рва. Раздутое наиболее крупное тело компактных колчеданных руд Блявы приурочено к зоне крупного тектонического разлома, а рудовмещающие кварц-серицитовые породы, в отличие от зеленокаменного пояса Среднего Урала, не вовлечены в процесс динамодислокаций. Насыщение руд Комсомольского колчеданного месторождения нефтебитумами прямо свидетельствует об оживлении системы древних рифтогенных разломов в профиле линеаментных зон. Динамическое состояние линеаментных зон определило ступенчатое строение гипсометрически разноуровневых кратонных глыб Зилаирского плато, где находятся Блявинское и Комсомольское месторождения.

Поводом для постановки геологоразведочных работ в районе Блявы были куски лимонитов и гидрогематитов размытой железной шляпы, перекрытой в контуре линейного погружения, имевшего на местности вид оврага. Овраг сверху был перекрыт палеогеновыми опоками, а ниже – пластичными белыми глинами. На размытой шляпе залегали фосфоритовые конкреции, обломки белемнитов. Это указывает на обрушение окисленного выхода в период мезозойской трансгрессии. Под оврагом были найдены целые глыбы тяжелой яротизированной охристой массы, за счет которой, по-видимому, и образовались красные железняки Блявы. Эти железняки – сильно окисленные магнетитсодержащие контактово-метасоматические сульфидные руды. Красные железняки были обеднены золотом, но зато насыщенная самородной серой кремнисто-гипсовая сыпучка на Бляве была необычно богата золотом и серебром. По отчетным данным содержание самородного серебра достигало 1290 г/т, а самородного золота – до 110 г/т.

В скоплениях жильного кварца и барита, пересекающих трещиноватую блявинскую колчеданную руду, а также и в околорудных кварц-серицитовых породах законсервированные газово-жидкие включения позволили выяснить температурный режим в заключительный этап рудообразования. Согласно опубликованным данным, температура декрепитации этих включений изменяется от 350 до 80 °С.

О том, что район Блявы находился в момент заключительного этапа рудообразования в зоне локализованного глубинного термального прогрева, можно судить и на основании факта пластического течения серпентинитизированных перидотитов, выжатых в виде гигантских «литопластин» в профиле Блявинского рва.

В зоне Блявинского рва с выходами «порфиров» связаны колчеданные залежи месторождений Яман-Касы, Комсомольского и Разумовского месторождений, руды которых близки по вещественному составу с рудами Блявы и также локализуются в зоне резких субширотных флексурных разворотов рудовмещающей блявинской

сланцевой толщи. Субширотные развороты указывают на динамическое влияние субширотных трансформных разломов, пересекших линейную тектонически ослабленную зону Блявинского рва.

С Блявинско-Комсомольской порфировой интрузией связан обширный геохимический ореол меди, свинца, цинка, молибдена и кобальта. Это свидетельствует, что вторжение порфировых интрузий происходило в условиях гравитационной неустойчивости глыбового фундамента, а это обстоятельство указывает на повышенную проницаемость земной коры, и способствовало притоку газово-жидких растворов. Подземные воды Блявы насыщены медным купоросом. Большая степень обводненности затрудняла бурение разведочных скважин.

Комсомольское медно-колчеданное месторождение структурно подчинено линейной Блявинской тектонически ослабленной зоне, в профиле этой зоны в силурийское время происходило накопление илистых осадков блявинской свиты. Поскольку зона Блявинского линейного рва служила для притока углеводородов после формирования колчеданных руд, можно считать, что район Блявы в это время представлял собой крупный морской залив, контролируемый рифтогенными разломами, дно этого залива находилось в сейсмоактивном состоянии. Углеводородные соединения в рудах Комсомольского месторождения представлены нефтеподобными битумами и керитами, которые присутствуют и в составе кварц-кальцитовых и сульфидно-баритовых прожилков, пересекающих деформированную колчеданную руду. Такая обстановка характерна для колчеданного месторождения Джоплин в штате Миссури в США.

Гайское месторождение – наиболее крупное месторождение Южного Урала находится в зоне линейного плосковерхого горстового поднятия, которое имеет север-северо-западное направление. Гайское урочище связано с чашевидным плоским погружением, где образовалось Купоросное озеро, служившее источником целебной минерализованной грязи. Это озеро находилось над палеожерловым каналом.

Верхнюю часть геологического разреза на ГайскОм·месторождении составляют пирокластические породы наземного происхождения, в основном туфобрекчии и лавобрекчии, в составе которых встречались обломки гранофиров и пегматитов, а также диоритовых пород. Встречались пемзовые породы, поры которых были заполнены скоплениями халцедоновидного кварца.

Орско-Домбаровский район в Восточном Оренбуржье представляет собой в настоящее время эрозионно-аккумулятивную равнину. На севере и востоке равнинная местность сменяется гористой местностью, постепенно смыкающейся с возвышенными плато: Урало-Тобольским на востоке и Зауральским на северо-востоке. Главную роль в геологическом строении Орско-Домбаровского района играют субмеридиональные зоны разрывных нарушений, которые контролируют эрозионно-тектонические массивы гранитометаморфических пород. Спрединговые зоны между глыбами гранитизированной кристаллического фундамента распознаются выходами серпентинизированных гипербазитов и массивами габбро-диоритов и мелкими телами гранитоидов гипабиссального облика, которые расклинивают массив сводового поднятия Урало-Тобольского микроконтинента.

В Орско-Домбаровском районе перспективные площади приурочены к гипсометрически многоуровневым (веерным) сдвиго-надвиговым структурам. Промышленные колчеданные за-

лежи приурочены к локальным зонам палеовулканических поднятий, которые в геофизических полях выделяются зонами аномально высокого электрического сопротивления (от 2000 до 10000 Ом·м и выше). А сплошные колчеданные залежи имеют очень низкое электрическое сопротивление (сплошные руды – в пределах 0–5 Ом·м, вкрапленные и прожилково-вкрапленные – 10–30 Ом·м, зоны рассеянной сульфидной вкрапленности – от 10 до 200 Ом·м и выше, в зависимости от содержания сульфидов и степени динамодислоцированности вмещающих пород). Околорудные породы, составляющие термально-метасоматические ореолы, имеют плотность, близкую к плотности колчеданных руд.

Летнее месторождение находится в Орско-Домбаровском районе и приурочено к наиболее погруженной линейной впадине в контуре Джаилганской вулкано-тектонической депрессии. Линейная впадина контролируется широтной зоной трансформного Центрального разлома, пересекающегося с рифтогенными разломами северо-западного направления. На Летнем месторождении колчеданные залежи контролирует сложная сеть пересекающихся глубинных разломов взбросо-надвигового и сбросо-сдвигового типа. Разломы определяют блоковое положение сплошных колчеданных руд, связанных с амфиболизированной метабазальтовой толщй. Блоковые тела монолитного серного колчедана сосредоточены в профиле линейной впадины, в виде цепочки, и контролируются глубинными разломами северо-западного и субмеридионального направления. Субмеридиональная рудоконтролирующая полоса сжатого межблокового шва достигает протяженности около 1,5 км при ширине до 0,5 км.

Промышленно-ценные руды Летнего месторождения сосредоточены в пологих частях наклонно ориентированных блоковых тел, границами между которыми служат литопластины сланцев, испытавших предельное ориентированное сжатие и скользящие перемещения в направлении рассланцевания. Некоторые рудные тела выходят непосредственно под рыхлые отложения, перекрывающие палеозойские отложения в контуре Джаилганской депрессии. Это указывает на динамическое вытеснение тектонических колчеданных глыб, которые притыкаются к гипсометрически разноуровневым срезам глыбово-блокового сооружения. Рудоконтролирующая зона разломов Летнего месторождения в плане имеет вид ломаной линии и обрамляет аллохтонные глыбы. Основой богатых промышленных руд послужили контактово-метасоматические руды, которые в геодинамической обстановке оказались перемешанными с динамометаморфизованными рудами колчеданного типа.

На Рудном Алтае все наиболее крупные рудные поля связаны с зонами протяженных разломов северо-западного направления, пересеченных трансформными субширотными разломами и залегают в сланцевых толщах, охваченных линейной складчатостью высших порядков, а богатые руды – с узлами пересечения разноориентированных разломов. На таких участках появляются купола порфиров.

С купольными поднятиями порфиров связаны Ново-Золотушинское, Сугатовское, Заводинское, Малеевское месторождения. Фрагменты прежних купольных поднятий фиксируются в Березовско-Белоусовском рудном поле, на Николаевском месторождении, на месторождениях Змеиногорского, Риддерского и Зыряновского районов, но дальнейший рост орогеных поднятий и усложнение дислокаций привело к расчленению куполов, что служит признаком высокой сейс-

моактивности нижнего глыбового фундамента. На тех месторождениях, где в связи с глыбовыми перемещениями, связанными с обособлением горных поднятий коллизионного типа, произошло расчленение куполов, возникли морфологически очень сложные рудные залежи, которые характеризуются секущими столбообразными, трубообразными, седловидными, жилообразными телами и комбинированными морфологически-разнородными рудными телами. Причем морфологическая разнородность обусловлена гипсометрически разноуровневым строением, поэтому, расположенные в разных тектонических блоках участки месторождений значительно различаются между собой и по составу и по морфологии рудных тел.

В результате изучения условий залегания и вещественного состава природных типов руд, участвующих в строении колчеданно-полиметаллических месторождений на Рудном Алтае, автор выяснила, что образование кристаллического пирита было длительным процессом и сопутствовало различным минеральным ассоциациям сульфидных руд. Продуктивному этапу накопления промышленно-ценных руд в составе колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, тесно взаимосвязанных с зонами контактово-метасоматических ореолов, сопутствовало образование пиритов с тонкодисперсными микровключениями сульфидов кобальта, никеля, меди, мышьяка, олова и самородного золота.

В динамометаморфизованных колчеданно-полиметаллических рудноалтайских рудах, которые находятся в контуре влияния термально-контактовых ореолов, сопутствуюших гранитометаморфическим глыбовым массивам, различается большое количество возрастных поколений (генераций) пирита, халькопирита, сфалерита, галенита. Разные поколения одного и того же минерала различаются между собой по габитусу кристаллов и набору элементов-примесей. Это указывает на длительное преобразование руд, находившихся в твердом состоянии и приспосабливавшихся к условиям меняющихся термодинамических условий, в обстановке все более усложняющихся физико-механических деформаций, происходивших в профиле влияния линеаментных зон.

Крупные месторождения Рудного Алтая закономерно сопровождаются длительно развивавшимися эндогенно-экзогенными геохимическими ореолами.

Видимые эндогенные геохимические ореолы можно проследить и оконтурить по наличию рассеянной сульфидной вкрапленности, а скрытые ореолы распознаются по наличию зон метасоматического изменения окружающих пород, содержащих микропримеси и изоморфные примеси, характерные для промышленных руд.

Экзогенные геохимические ореолы связаны с определенными литолого-фациальными типами рудовмещающих пород, накопившихся в ареалах кислого вулканизма. (Эти ореолы пространственно сопутствуют эрозионно-тектоническим глыбам расчленившегося орогенного поднятия.)

Кроме эндогенных и экзогенных геохимических ореолов, выделяются также геохимические ореолы осаждения, контролируемые благоприятными литолого-структурными факторами.

Геохимические ореолы осаждения фиксируют пути движения разветвлявшихся газо-гидротермальных потоков и зоны осаждения эпигенетического (по отношению к деформированным колчеданным залежам и вмещающим их вулканогенно-осадочным породам) сульфидного оруденения. Это оруденение является переотложенным эпитермальными растворами из древних рудоносных пород.

Выводы

1. В мозаичной, глыбово-складчатой, структуре современной земной коры линейные пояса колчеданных месторождений на Урале и Рудном Алтее определяют линеаментные зоны, в профиле которых древние колчеданные залежи вовлечены в процесс плотностной инверсии и динамометаморфизма.

2. Глубинность рудных полей контролируется состоянием линеаментных зон, которые находятся либо в предельно сжатом состоянии, либо определяют линейные зоны ступенчато погружающихся глубоких депрессий, составляющих совместно с блоковыми поднятиями каркасно-глыбовые структуры. Такие структуры благоприятны для образования эшелонированных колчеданных залежей.

3. Металлогенический профиль колчеданоносных районов, пространственно связанных с древними, значительно сократившимися по площади (в ходе очень длительных тектонических перестроек кристаллического фундамента) палеоокеаническими бассейнами, определяется составом неоднородного глыбового кристаллического фундамента.

4. Масштабы и вертикальный размах промышленно-ценного сульфидного оруденения в колчеданоносных районах находится в прямой зависимости от длительности тектонических движений и степени деформаций исходных колчеданных руд и вмещающих их вулканогенно-осадочных среднепалеозойских пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баранов Э.Н.* Конвективные системы колчеданных месторождений (свидетельства и следствия) / Металлогения современных и древних океанов. – М.: Наука, 1992.

2. *Бобохов А.С.* Магматогенные брекчии кислого состава колчеданных месторождений Южного Урала. – М.: Наука, 1976.

3. *Бородаевская М.Б., Кривцов А.И.* Положение колчеданных залежей Урала в разрезах вулканогенных формаций. // Геология рудных месторождений. – 1980. – № 6. – С. 44–59.

4. *Воробьева С.В.* Геолого-структурная позиция залежей комплексных сульфидных руд в зоне сочленения Магнитогорского прогиба и Восточно-Уральского поднятия // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 10. – С. 139–142.

5. *Воробьева С.В.* Закономерности развития регионального динамометаморфизма и геологическая позиция залежей комплексных сульфидных руд на Урале // Отечественная геология. – 2005. – № 1. – С. 19–23.

6. *Воробьева С.В.* Сульфидные и сульфидно-магнетитовые крутонаклонные залежи во внутриразломных зонах тектонического обрамления орогенных сооружений на восточном склоне Урала и в Орском Зауралье // Отечественная геология. – 2004. – № 5. – С. 52–61.

7. *Воробьева С.В.* Рудолокализующее значение полиметаморфизованных динамосланцев в Прииртышском рудном районе Алтая. // Известия вузов. Геология и разведка. – 2003. – № 1. – С.57–62.

8. *Вулканические* колчеданно-полиметаллические месторождения (на примере Рудного Алтая) / Под ред. Г.Ф. Яковлева. – М.: МГУ, 1978.

9. *Иванов С.Н., Прокин В.А.* Рудоносность захороненных вулканических построек /Доклады АН СССР. – 1974. – Т. 216. – № 4. – С 875–878.

10. *Каретин Ю.С.* Пемзовые туфы и кальдеры в силуре Среднего Урала /Доклады АН СССР. – 1967. – Т. 173. – № 2. – С. 421–424.

11. *Контарь Е.С.* Структурная позиция колчеданных месторождений Среднего и Северного Урала // Советская геология. – 1980. – № 7. – С. 22–31.

12. *Смирнов В.И.* Соотношение эндогенного и экзогенного рудообразования в субмаринных вулканогенных комплексах /Проблемы генезиса руд. – М.: Наука, 1964. – С. 111–117.

13. *Бородаевская М.Б. и др.* Колчеданные месторождения мира / Под ред. В.И. Смирнова. – М.: Недра, 1979. 284 с.

14. *Ташинина М.В., Чепрасов Б.Л.* О своеобразных эруптивных брекчиях на Алтае // Известия АН Казахской ССР. Серия геологическая, 1955. Вып. 21.

15. Тектоническая расслоенность литосферы и региональные геологические исследования / Под ред. Ю.И. Пущаровского. – М.: Наука, 1990. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Воробьёва Светлана Васильевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, горный инженер-геолог,
e-mail: vorobevaspb@mail.ru.

UDC 622.2

SAMPLE GEOLOGICAL SITUATION OF LOCALISATION INDUSTRIAL MASSIVE SULFIDE DEPOSITS (ON AN EXAMPLE OF URAL MOUNTAINS AND ORE ALTAI)

Vorobjova S.V., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, Mining Engineer-geologist,
e-mail: vorobevaspb@mail.ru.

In the modern structure of the earth's crust, the basal complex of the giant sulphide ore deposits is the dynamically dislocated sulphide ore formations subordinate to lineament zones. The scale and height of commercial-value sulphide mineralization are directly correlated with duration of tectonic movement.

Key words: industrial massive sulfide deposits, volcanism, a geological situation, Ural Mountains, Ore Altai.

REFERENCES

1. Baranov Je.N. Konvektivnye sistemy kolchedannyh mestorozhdenij (svidetel'stva i sledstvija). *Metallogenija sovremennyh i drevnih okeanov* (Convective systems of sulphide ore deposits (evidence and consequences). Metallogeny of the modern and ancient oceans). Металлогения современных и древних океанов), Moscow, Nauka, 1992.
2. Bobohov A.S. *Magmatogennye brekchii kislogo sostava kolchedannyh mestorozhdenij Juzhnogo Urala* (Magmatogene felsic breccias of sulphide ore deposits in the South Ural), Moscow, Nauka, 1976.
3. Borodaevskaja M.B., Krivcov A.I. *Geologija rudnyh mestorozhdenij*. 1980, no 6, pp. 44–59.
4. Vorob'eva S.V. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* (Orenburg State University Bulletin), 2004, no 10, pp. 139–142.
5. Vorob'eva S.V. *Otechestvennaja geologija*, 2005, no 1, pp. 19–23.
6. Vorob'eva S.V. *Otechestvennaja geologija*, 2004, no 5, pp. 52–61.
7. Vorob'eva S.V. *Izvestija vuzov. Geologija i razvedka*. 2003, no 1, pp. 57–62.
8. *Vulkanicheskie kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdenija (na primere Rudnogo Altaja)*. Pod red. G.F. Jakovleva (Volcanic sulphide–complex ore deposits (in terms of the Ore Altai)) Yakovlev G.F. (Ed.), Moscow, MGU, 1978.
9. Ivanov S.N., Prokin V.A. *Rudonosnost' zahoronennyh vulkanicheskih postroek. Doklady AN SSSR* (Ore content of buried volcanic structures. Proceedings of the USSR Academy of Sciences), 1974, vol. 216, no 4, pp. 875–878.
10. Karetin Ju.S. *Pemzovye tufy i kal'dery v silure Srednego Urala. Doklady AN SSSR* (Silurian pumice tuff and calderas in the Middle Ural. Proceedings of the USSR Academy of Sciences), 1967, vol. 173, no 2, pp. 421–424.
11. Kontar' E.S. *Sovetskaja geologija*, 1980, no 7, pp. 22–31.
12. Smirnov V.I. Sootnoshenie jendogennogo i jekzogennogo rudoobrazovanija v submarinnyh vulkanogennyh kompleksah. *Problemy genezisa rud* (Endogenous/exogenous mineralization ratio in submarine igneous complexes. Problems of ore genesis), Moscow, Nauka, 1964, pp. 111–117.
13. Borodaevskaja M.B. *Kolchedannye mestorozhdenija mira*. Pod red. V.I. Smirnova (Sulphide deposits in the world, Smirnov V.I. (Ed.)), Moscow, Nedra, 1979, 284 p.
14. Tashhinina M.V., Cheprasov B.L. *O svoeobraznyh jeruptivnyh brekchijah na Altae. Izvestija AN Kazahskoj SSR. Serija geologicheskaja* (Original eruptive breccias of Altai. News of the Kazakh SSR Academy of Sciences. Geological series), 1955, issue 21.
15. *Tektonicheskaja rassloennost' litosfery i regional'nye geologicheskie issledovanija*. Pod red. Ju.I. Pushharovskogo (Tectonic sheeting of lithosphere and regional geological research / Pushharovskij Ju.I. (Ed.)), Moscow, Nauka, 1990.